

# XR コンテンツにおけるメニュー表示がマルチタスクに及ぼす影響

芳賀康太<sup>†1</sup> 小倉加奈代<sup>†1</sup>

**概要:** 従来の XR メニューはコントローラ操作に主眼を置いており、フリーハンドの状態での操作を考慮されていない場合が多い。また、従来のメニュー表示が画面内のオブジェクトの認識を阻害し、マルチタスク性が十分に確保できないなどの問題もしばしば見受けられる。そこで、本研究では著者が提案した XR メニューと従来の XR メニューを利用し、メニュー表示がジェスチャ操作やマルチタスクなどの XR コンテンツのユーザ体験に及ぼす影響についての実験を実施した。実験ではメニュー操作と同時に、オブジェクト認識と突発性シングルタスクに関する実験タスクを実験参加者に行ってもらい、XR メニューに関わる「UI 配置・UI の大きさ・操作手法」の 3 つの要素について検証を実施した。結果として、縦の UI 配置や大きい UI のマルチタスク性能の高さや指の方向を利用した操作の反応速度の高さが示され、3 つの要素全てがマルチタスクに影響を及ぼすことが確認された。

**キーワード:** VR, メニュー操作, ジェスチャ操作, マルチタスク操作, フリーハンド入力

## 1. はじめに

近年、一般家庭への普及を目的とした安価かつ手軽に本格的な VR を体験できる一体型ヘッドマウントディスプレイ (Head Mounted Display: HMD) の登場やそれに伴った高品質な VR コンテンツの増加により、VR 市場の成長は目覚ましい。また、MR においても HoloLens や Magic Leap をはじめとした MR デバイスが医療現場や工場内での設備導入シミュレーション、施工・工事に関わる点検記録ソリューションなど、職場で利用される事例が増加しつつある。IDC の調査によると 2020 年は 120 億ドルだった世界の AR/VR のハードウェア、ソフトウェアおよび関連サービスにおける合計支出額は 2024 年には 728 億ドルに達すると予測されており [1], XR 市場自体が拡大しているといえる。

さらなる発展が予想される XR 市場だが、実際のコンテンツ内でのメニューの表示や操作といったインタフェースデザインについては十分に考慮されていないものも見受けられる。特に、近年採用され始めたジェスチャ操作などのフリーハンドの状態で手や指を利用した操作方法については、コントローラを用いる場合よりも表現が多様になり、用途によっては手法が確立されていないため、よりユーザビリティを考慮する必要がある。

また、現状の XR コンテンツにおいては、メニュー表示方法としてウィジェットやヘッドアップディスプレイ (Head Up Display: HUD) を利用したものが多くみられるが、このような手法は視界の大半がメニュー画面で覆われるため、他の物体を同時に認識することが難しくなることが懸念される。これはメニュー操作とは異なる行動が要求される状況、つまりマルチタスクを想定した場合のパフォーマンスに悪影響を与えることが予想される。

現在、ジェスチャ操作は多くの XR コンテンツで採用されており、ジェスチャ操作に適したメニューデザインを模

索するためにも、ウィジェットや HUD などに該当するメニュー表示方法で最適なメニューデザインの調査が必要である。また、XR 市場の拡大に伴い、様々な状況下で VR/MR デバイスが利用されることを鑑みて、マルチタスク状況下を想定した環境での調査が必要である。

以上のことから、本研究ではメニュー表示がジェスチャ操作やマルチタスクに及ぼす影響を多面的に調査・分析することを目的とし、本稿ではマルチタスク状況下で UI の配置や大きさ、操作手法などの異なるメニューを比較した実験結果について述べる。

本章以降、2 章では関連研究として、メニューデザインに関する研究やフリーハンド状態で利用可能な XR メニューの表示および操作手法を概観する。3 章では比較実験で利用するメニューを選定するために実施した予備実験の説明と結果について述べる。4 章では、マルチタスク状況下で実施した比較実験の説明とその結果について述べる。5 章では、本稿の結論と今後の課題について述べる。

## 2. 関連研究

メニューは項目の選択や設定をするために利用されることが多く、対話的なアプリケーションにおいて広く普及しているため、HCI の分野でもメニューデザインについて様々な研究が行われてきた。Jean らの研究 [2] では、はあらゆる画面やデバイスに適切なメニューを表示する Graphical Adaptive Menus の提案と検討のために、メニュー表示における視覚的な要素を Bertin の視覚変数 [3] をもとに「位置・大きさ・形状・値・方向・色・質感・動作」の 8 種類の要素に分類している。Bertin の視覚変数は視覚的なデザインや情報の視覚化、コミュニケーションの基準として HCI をはじめとした様々な分野で応用されているが、これをさらにメニューに関する要素として分類した研究としては、Sara らの研究 [4] が該当する。Sara らは Bertin が各視覚

<sup>†1</sup> 岩手県立大学ソフトウェア情報学研究科  
Iwate Prefectural University, Graduate School of Software and Information Science

変数を「選択・連想・定量・順序・長さ」という5つの特徴に分類したことをもとに、メニューを設計する際の要素としては「空間的・物理的・フォーマット・時間的」の4つの安定性が定義できると述べている。この4つの安定性として、空間的安定性には位置と方向、物理的安定性には大きさと形状、フォーマットの安定性には値と色に加えて質感、時間的安定性には動作といったように視覚変数の要素が関係しており、全てのメニューはいずれかの要素で安定性が保持されているため、どの要素が安定しているかによってメニューを分類することが可能だと述べられている。

上記のようなメニューデザインの研究に対し、XRで利用されることに特化したメニューについても多くの研究が行われている。ユーザの身体を表示領域として利用している浅井らの研究[5]では、非利き手側の前腕にメニューを表示し、そのメニューに対して前腕に沿って手を回して項目をタップする手法を提案した。この手法により、見やすい位置にメニューを表示しつつ、表示領域を拡張することを可能にしているが、メニューを見るたびに視界の大部分を手や腕に覆われる問題が存在する。また、浅井らはこの手法の他に、手掌の開閉によってメニューの表示非表示を操作し、項目をもう一方の手で操作する手法も提案している[6]。この手法ではメニューが開いている手掌に追従するため、見やすい位置へ移動を可能にしつつ、表示領域の確保も実現している。しかし、メニュー操作には両手を用いなければならないと、他の操作との両立は不可能である。もし、他の操作との両立が可能になれば、作業効率が向上する他、VRやAR/MRコンテンツでの表現の幅を広げることにも繋がる。

著者らの研究では、上記のような現状の問題点を踏まえ、指の方向を利用したジェスチャを採用した片手操作可能な仮想メニューを提案しており[7]、4章で説明する比較実験では、メニューデザインの比較の際に利用している。

### 3. 予備実験

#### 3.1 実験概要

比較実験でマルチタスクに及ぼす影響を調査する前に、比較対象であるメニュー表示方法自体の操作性を確認するための予備実験を実施する。実験では、20代の男性3名、女性2名を実験参加者として、UI表示位置およびUI配置についての嗜好分析と試行時間や誤操作率によるパフォーマンス評価を実施し、比較したメニューを4章の比較実験で採用すべきかについても考察を行う。なお、本稿の実験については、予備実験・比較実験ともにHMDとしてOculus Quest2を利用し、実装にはUnity2020.3を用いる。

#### 3.2 比較メニュー

予備実験では、図1のようなベースライン(縦)、ベースライン(横)、オールサイド、シンプルな4種のメニューを利用し、UI配置の違いによる操作性を比較する。

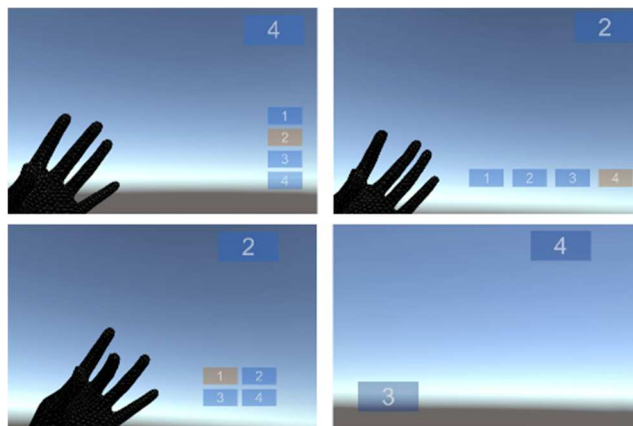


図1 UI配置(左上: ベースライン(縦) 右上: ベースライン(横) 左下: オールサイド 右下: シンプル)

4つのメニュー共通の表示として、上部にある最も大きいパネルにて選択項目の指示を行い、ベースライン(縦)およびベースライン(横)、オールサイドについては、下部の4つのパネルで選択した項目に応じて色彩が変化するフィードバックを行う。なお、シンプルのみ下部のパネルは1つであり、色彩ではなく選択した項目に適応した文字の変化でフィードバックを行う。以降、上部のパネルを「指示パネル」、下部のパネルを「選択パネル」と呼称する。

比較メニューの採用基準としては、前章で説明したSaraらの研究でメニューデザインの視覚的要素として提唱された「空間的・物理的・フォーマット・時間的」の4つの安定性のうち、表示位置や方法に該当する空間的・物理的な安定性の要素を採用する。空間的安定性には位置や方向、物理的安定性には形状や大きさといったメニュー表示に関わる要素が内包されており、ベースライン(縦)を基準に考えた場合、ベースライン(横)は位置と方向、オールサイドとシンプルは形状や大きさなどを変化させた表示方法となる。

操作方法については、XRコンテンツにて採用例が多いピンチジェスチャを採用する。予備実験では、全てのUI配置において、ユーザは親指を他の指を組み合わせた4つのピンチジェスチャを用いることで、4種類の項目を選択できる。具体的には選択パネルにある項目1から4について、親指と人差し指を合わせるピンチジェスチャで項目1を、親指と中指を合わせるピンチジェスチャで項目2を、同様に項目3は親指と薬指、項目4は親指と小指を合わせることで選択できる。

#### 3.3 実験手順

実験手順については、以下の(1)~(5)の通りである。(3)の表示位置については、画面の左右上下および中央の5ヵ所から最も操作しやすい場所を実験参加者に選択させた。なお、実験参加者には(1)の段階で右手左手のどちらで操作するかを決定させた。

- (1) 実験内容の説明を受け、HMDを装着

- (2) 全ての UI 配置にて操作に慣れるまで練習
- (3) シンプルの UI 配置を利用し、操作しやすい表示位置を選択
- (4) 全ての UI 配置で 30 回の項目選択を実施
- (5) アンケートの実施と確認

(5)のアンケート内容については以下の①,②の通りである。実験参加者には、①については「右下・左下・右上・左上・中央」の表示位置について 1 位から 5 位までを、②については 3.2.1 節で説明した「ベースライン(縦)・ベースライン(横)・シンプル・オールサイド」について 1~4 位までを回答してもらった。また、アンケートは(3),(4)にて回答およびその理由についての説明を実験参加者に求め、実験の最後に回答内容をもとに記述した内容を確認した。

- ① 表示位置について、良かったものを順番に選んでください
- ② UI 配置について、良かったものを順番に選んでください

### 3.4 実験結果

実験結果について、UI 配置ごとの平均試行時間および誤操作率を表 1、アンケートによる UI 表示位置および UI 配置の嗜好結果を図 2、3 に示す。

表 1 UI 配置ごとの平均試行時間と誤操作率

メニュー表示	平均試行時間(秒)	誤操作率(%)	1 項目の反応時間(秒)
ベースライン(縦)	28.39	2.67	0.94
ベースライン(横)	24.27	8.67	0.80
オールサイド	27.68	4.00	0.92
シンプル	20.87	3.33	0.70

表 1 より平均試行時間の結果が最も良かった表示方法はシンプルであり、ベースライン(縦)が最も試行時間が長くなる傾向にあった。しかし、誤操作率に関しては、ベースライン(縦)が最も良い結果が得られており、ベースライン(横)が最も誤操作が多い傾向にあった。

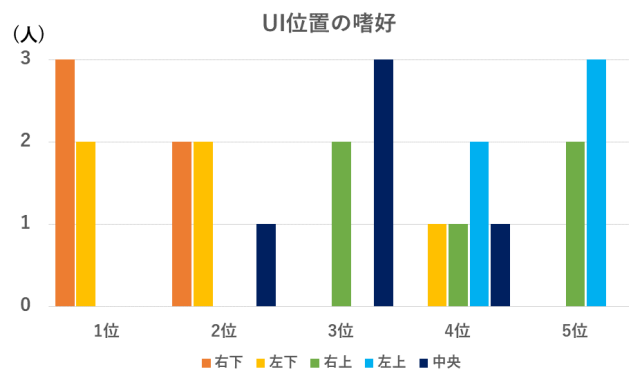


図 2 UI 表示位置に関する嗜好

図 2 より表示位置については、操作する手に近い右下や左下の位置の方が好まれる傾向にあった。なお、今回の実験参加者は 3 名が右手、2 名が左手で操作していた。

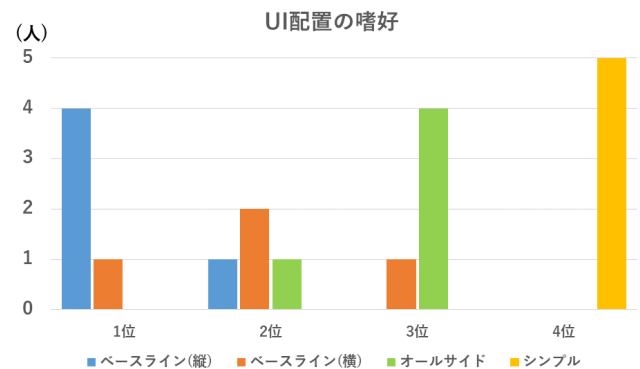


図 3 UI 配置に関する嗜好

図 3 より UI 配置については、ベースライン(縦)の評価が高く、シンプルの表示方法はどの実験参加者実験参加者にも好まれない傾向にあった。

### 3.5 考察

ベースライン(縦)について、誤操作率やアンケートの結果が良かった要因としては、ジェスチャと表示位置の関係から連動性が高かった可能性が考えられる。今回採用したピンチジェスチャでは、親指と人差し指を合わせた場合は項目 1、親指と小指を合わせた場合は項目 4 を選択でき、利用する指の位置と UI の表示位置の上下が自然と一致しやすいことが操作と表示位置の連動性の高さ、延いては誤操作率や嗜好分析の結果に繋がったと推測される。

ベースライン(横)について、平均試行時間の結果に反して誤操作率が高い傾向となった要因としては、操作する手が右手だった場合はジェスチャの操作位置と UI 表示位置にズレが生じ、連動性が低下していたことが挙げられる。

他にも、シンプルについては、試行時間・誤操作率ともに高い結果が得られているがユーザからの支持は低かった。これは右上に表示している選択指示とユーザが選択した項目を表示する UI が酷似しており、指示との混同があったことが要因の一つであると考えられる。

オールサイドについては、平均試行時間や嗜好分析の結果は芳しくなかったものの、誤操作率の低さや嗜好分析の根拠を問うアンケートにおいて否定的な意見が見られなかったことから、十分な操作性があると判断できる。

以上のことから、比較実験ではベースライン(縦)とオールサイドは同様のものを採用し、ベースライン(横)については、連動性に配慮し、操作する手を固定することとする。また、シンプルについては、他の表示方法と仕様の異なる選択パネルを利用しており、表示方法のみに焦点を当てた比較が困難であったことから比較実験では不採用とする。

## 4. 比較実験

### 4.1 実験概要

比較実験では、20代の男性5名、女性5名を実験参加者として、マルチタスクの状況を想定した2つの実験タスクを利用し、HUDメニューにおけるメニューデザインに関わる「UI配置・UIの大きさ・操作手法」の3つの要素について、他オブジェクトの視認性や突発性タスクとの並行処理能力を検証することでマルチタスク処理性能を調査する。また、著者らが視認性やマルチタスク状況下を考慮し、以前に提案した指の方向を利用した仮想メニュー[7]も利用することで、汎用的なHUDメニュー表示方法との比較も並行して実施する。

なお、本節以降は著者らが提案した仮想メニューをDirectionメニューと呼称する。

### 4.2 比較メニュー

本節では、比較実験で比較・検証を行うHUDメニューおよびDirectionメニューについて述べる。比較実験では、以降に述べる4つのHUDメニューとDirectionメニューを比較対象別に実験A-Cの3つの実験に分けており、それぞれの実験においてマルチタスク状況下での最適なメニューを検証する。

#### 4.2.1 実験A：UI配置での比較

実験Aでは、UI配置方法での違いを検証するために、図4のようなベースライン(縦)、ベースライン(横)、オールサイドの3種類のメニューを利用する。

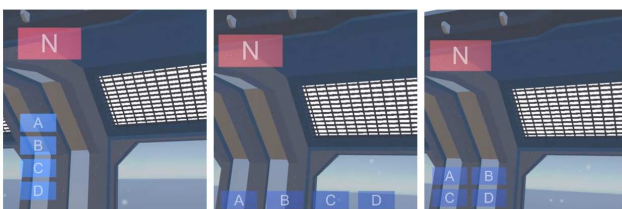


図4 実験Aの比較メニュー(左: ベースライン(縦)  
中央: ベースライン(横) 右: オールサイド)

各メニューの表示方法の外観やピンチジェスチャを利用した操作方法については、予備実験の実装と変化は無いが、実験を行う3D空間の変化に伴って色彩が変化している。また、比較実験ではメニュー操作を行う手を左手のみに指定している。

#### 4.2.2 実験B：UIの大きさでの比較

実験Bでは、UIの大きさによる違いを検証するために、図5のようなベースライン(小)、ベースライン(大)の2種類のメニューを利用する。

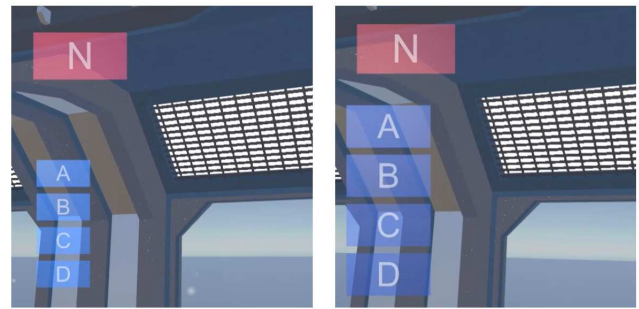


図5 実験Bの比較メニュー  
(左: ベースライン(小) 右: ベースライン(大))

ベースライン(小)については、実験Aのベースライン(縦)と同様の表示方法を利用する。また、ベースライン(大)については、ベースライン(縦)の選択パネルを比率にして150%拡大したものを利用している。

#### 4.2.3 実験C：操作手法での比較

実験Cでは、メニュー表示方法も含めた操作手法による違いを検証するために、図6のようなベースライン(縦)、Directionメニューの2種類のメニューを利用する。

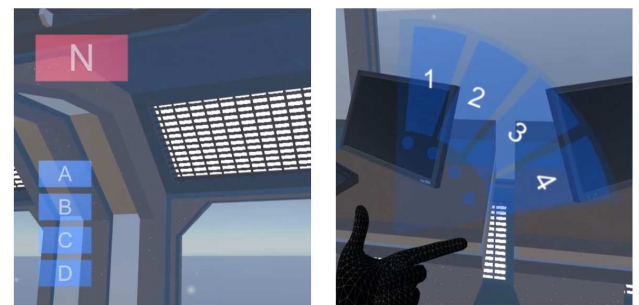


図6 実験Cの比較メニュー  
(左: ベースライン(縦) 右: Directionメニュー)

ベースライン(縦)については、実験Aと同様の表示方法を利用し、Directionメニューについては、著者らが以前に提案している指の方向を利用した仮想メニュー[7]を比較実験の目的に合わせた形で新たに実装したものを利用する。Directionメニューは比較実験で利用するにあたり、HUDメニューとしての仕様を他のメニューと統一するために、操作する手に追従する機能は実装しないこととした。

### 4.3 実験タスク

本節では、マルチタスク性能を検証するために設定したオブジェクトへの視認性と突発的タスクに焦点を当てた2つの実験タスクについて述べる。なお、職場などでHMDを利用する可能性を考慮し、オフィス環境を想定した仮想空間を実装している。なお、メニュー操作を行うメニュータスクに関しては、必要な操作回数は設けず、実験参加者には指示パネルにて指示された項目を常に選択させ続ける。

#### 4.3.1 実験タスク1：オブジェクト認識

実験タスク1では、メニュー表示および操作中の他のオブジェクトへの視認性を検証するために、図7のようなボ



ード型のオブジェクト上に表示された部屋内のオブジェクトに関わる問題に対して、メニュータスクを行いながら部屋を見回してオブジェクトを認識させるタスクとなっている。画面は一定時間で自動的に360度回転するが、ユーザが自発的に見回すことも可能となっている。メニュータスクに関しては、視点の回転が開始した時点でメニューの操作も並行して開始する。回答する際には、ボード型オブジェクトの下部にあるボタンを押下することで回答できる。

実験タスク1では、部屋内のオブジェクトに関わる問題を合計3問出題し、メニュータスクおよびオブジェクト認識タスクの反応時間や誤操作率を測定する。測定については、視点の回転時を開始とし、3問目を回答した時点で終了とする。なお、オブジェクトの配置は配置自体を記憶して回答することを防ぐために、問題が出題されるたびに化する仕様とした。

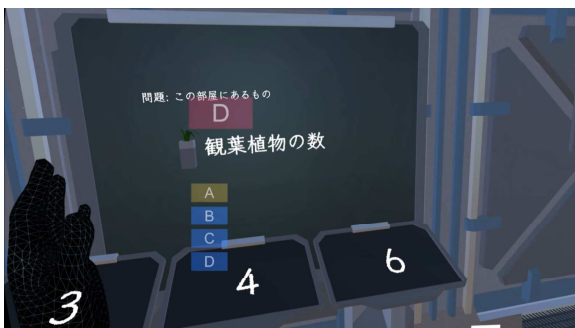


図7 実験タスク1の様子

#### 4.3.2 実験タスク2: 突発性シングルタスク

実験タスク2では、メニュー操作中の複数タスク処理能力を検証するために、画面内の突発的な変化に対応させるタスクを設定している。具体的には、図8のように仮想空間内に存在する6つのディスプレイに表示される色彩の変化に対して、ユーザには対応した4つのボタンを押してもらう。ディスプレイに変化がない間は、ユーザはメニュータスクを行い、ディスプレイに変化があった場合のみ、その変化に対応したボタンを押すことで、メニュータスクと突発的なタスクの操作が両立できるかを検証する。

実験タスク2では、合計10問出題され、メニュータスクおよびディスプレイ変化に対する反応時間と誤操作率について測定する。測定については、最初の1問目出題時を開始とし、10問目を回答した時点で終了する。

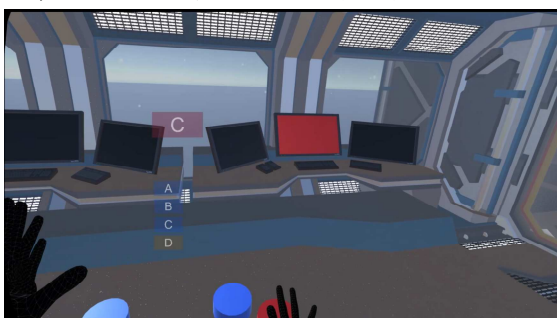


図8 実験タスク2の様子

#### 4.4 実験手順

実験手順については、以下の(1)~(7)の通りである。実験参加者には、(4)の実験Aは共通して実施するが、(5)(6)については、実験の長時間化による実験参加者のパフォーマンス低下を回避するために、実験参加者を(5)の実験Bを実施するグループと(6)の実験Cを実施するグループに分けて実施した。なお(4)~(6)では、実験タスク1と2を連続で実施してもらうが、1回の計測を終えた後に約1分間の休憩を挟んだ。

- (1) 実験内容の説明を受け、HMDを装着
- (2) 全てのUI表示にて操作に慣れるまで練習
- (3) 実験タスク1および2について、メニュー表示が無い状態とある状態で各1回ずつ練習
- (4) 実験A: 実験タスク1および2について、メニュー毎に1回の計測を実施
- (5a) 実験B: 実験タスク1および2について、メニュー毎に1回の計測を実施
- (5b) 実験C: 実験タスク1および2について、メニュー毎に1回の計測を実施
- (6) NASA-TLXを含むアンケートの実施

(6)のアンケート内容については以下の①~⑦の通りである。②については、リッカート尺度に則り、「とても難しかった・難しかった・普通だった・簡単だった・とても簡単だった」の5段階で評価してもらった。また、⑦については、実験Aに関する各UI配置と2つの実験タスクについて、精神的要求(Mental Demand: MD)、身体的要求(Physical Demand: PD)、時間的切迫感(Temporal Demand: TD)、作業達成度(Own Performance: OP)、努力(Effort: EF)、不満(Frustration: FR)の6項目の指標で0~100の範囲で値を回答してもらうNASA-TLXアンケート[8]を利用する。

- ① 利き手はどちらですか
- ② 実験タスク1,2について、難易度はどう感じましたか
- ③ 実験A: 実験タスク1,2について、良いと感じたメニューを順番に選んでください
- ④ 実験B: UIの大きさについて、どちらが良いと感じましたか
- ⑤ 実験C: 操作手法について、どちらが良いと感じましたか
- ⑥ 全体を通して、良いと感じたメニューを順番に選んでください
- ⑦ 各メニュー、タスクごとのNASA-TLXアンケート

#### 4.5 実験結果

本節では実験結果について、実験A-Cとその他のアンケートで分けた形で示す。

表 2 実験 A の実験タスク 1 に関するデータ (M = 10)

メニュー表示	メニュー反応時間(ms)	メニュー誤操作率(%)	タスク反応時間(ms)	タスク誤操作率(%)
ベースライン(縦)	1564	5.31	26549	6.67
ベースライン(横)	2120	5.88	26837	10.00
オールサイド	1806	6.81	28697	10.00

表 3 実験 A の実験タスク 2 に関するデータ (M = 10)

メニュー表示	メニュー反応時間(ms)	メニュー誤操作率(%)	タスク反応時間(ms)	タスク誤操作率(%)
ベースライン(縦)	1324	4.69	1786	1.50
ベースライン(横)	1513	4.76	1792	2.00
オールサイド	1384	6.22	1891	2.00

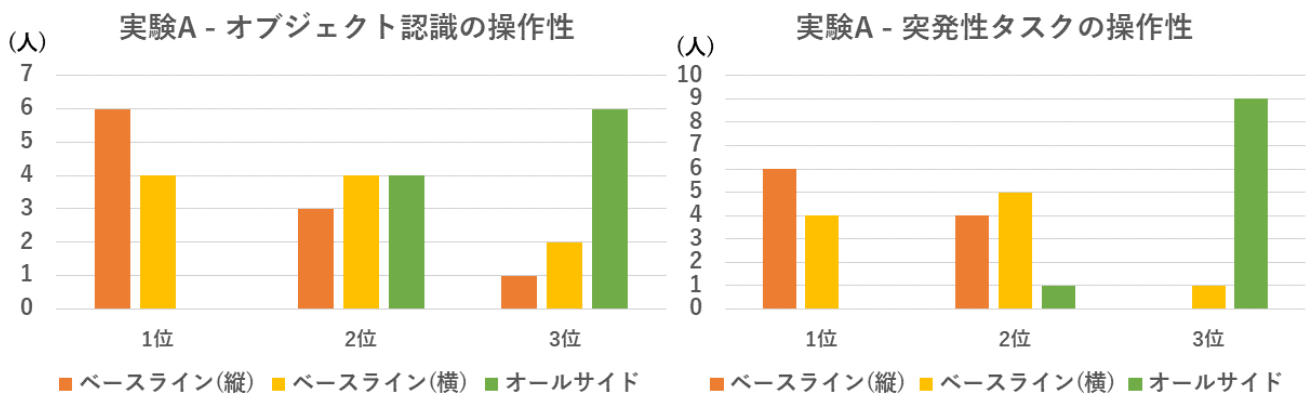


図 9 実験 A における操作性アンケート (M = 10)

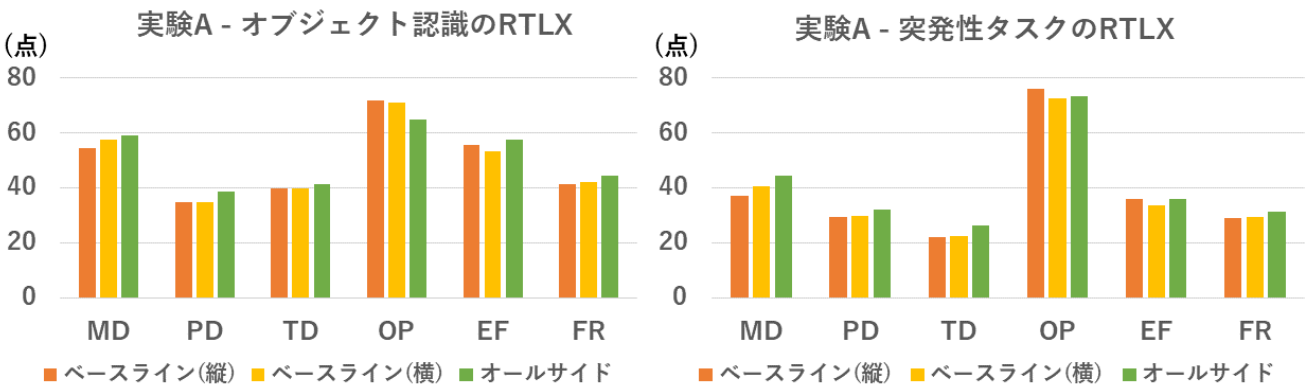


図 10 実験 A における NASA-TLX(RTLX)アンケート (M = 10)

#### 4.5.1 実験 A の結果

実験 A の結果について、実験タスク 1 に関わるデータを表 2 に、実験タスク 2 に関わるデータを表 3 に、アンケート結果を図 9,10 に示す。

表 2,3 より実験タスク 1,2 とともにベースライン(縦)の結果がどの項目においても良い傾向にあり、図 9 の操作性アンケートから、実験参加者からの評価も高かったことが示されている。それに対し、オールサイドはメニュー反応時間を除き、全ての項目で結果が悪く、図 9 の操作性アンケートから、実験参加者からの評価も低かったことが示された。

ベースライン(横)については、メニュー反応時間のみ 3 つのメニューの中で最も悪い結果となったが、その他においては、オールサイドの結果を上回っていた。

また、図 10 の NASA-TLX アンケートでは、作業達成度を示す OP の値がどの UI 配置においても高かったことに加え、精神的負荷を示す MD では UI 配置ごとの差が顕著に表れており、オールサイド・ベースライン(横)・ベースライン(縦)の順で負荷が高い結果となった。

表 4 実験 B の実験タスク 1 に関するデータ (M = 5)

メニュー表示	メニュー反応時間(ms)	メニュー誤操作率(%)	タスク反応時間(ms)	タスク誤操作率(%)
ベースライン(小)	1564	5.31	26549	6.67
ベースライン(大)	1699	5.63	27668	2.00

表 5 実験 B の実験タスク 2 に関するデータ (M = 5)

メニュー表示	メニュー反応時間(ms)	メニュー誤操作率(%)	タスク反応時間(ms)	タスク誤操作率(%)
ベースライン(小)	1324	4.69	1786	1.50
ベースライン(大)	1340	5.68	2071	2.00

表 6 実験 C の実験タスク 1 に関するデータ (M = 5)

メニュー表示	メニュー反応時間(ms)	メニュー誤操作率(%)	タスク反応時間(ms)	タスク誤操作率(%)
ベースライン(縦)	1564	5.31	26549	6.67
Direction	1123	8.76	26424	6.67

表 7 実験 C の実験タスク 2 に関するデータ (M = 5)

メニュー表示	メニュー反応時間(ms)	メニュー誤操作率(%)	タスク反応時間(ms)	タスク誤操作率(%)
ベースライン(縦)	1324	4.69	1786	1.50
Direction	948	8.22	1465	0.00

#### 4.5.2 実験 B の結果

実験 B の結果について、実験タスク 1 に関わるデータを表 4 に、実験タスク 2 に関わるデータを表 5 に、アンケート結果を図 11 に示す。

表 4,5 より実験タスク 1,2 ともにベースライン(小)の結果がどの項目においても良い傾向にあり、図 11 の操作性アンケートから、実験参加者からの評価も高かったことが示されている。それに対し、ベースライン(大)は全ての項目でベースライン(小)に劣る結果となっており、実験タスク 2 においてはその差が大きいことがわかった。また、図 11 の操作性アンケートから、実験参加者からの評価も低かったことが示された。

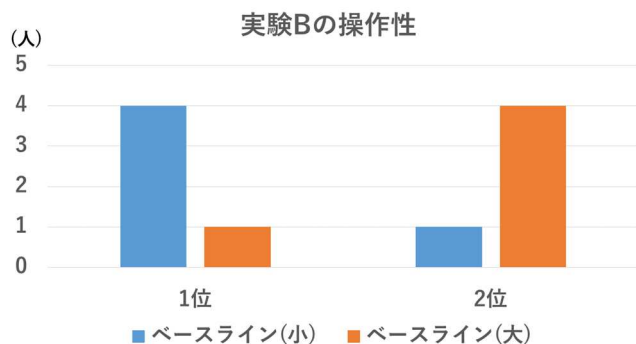


図 11 実験 B における操作性アンケート (M = 5)

#### 4.5.3 実験 C の結果

実験 C の結果について、実験タスク 1 に関わるデータを表 6 に、実験タスク 2 に関わるデータを表 7 に、アンケート結果を図 12 に示す。

表 6,7 より実験タスク 1 では、メニュータスクの反応時間については、Direction メニューがベースライン(縦)よりも良い結果となったが、誤操作率については、ベースライン(縦)の方が良い結果となった。実験タスク 2 では、メニュータスクの誤操作率以外の全ての項目で Direction メニューがベースライン(縦)よりも良い結果となった。しかし、図 12 の操作性アンケートでは、ベースライン(縦)の方が実験参加者から支持される結果となった。

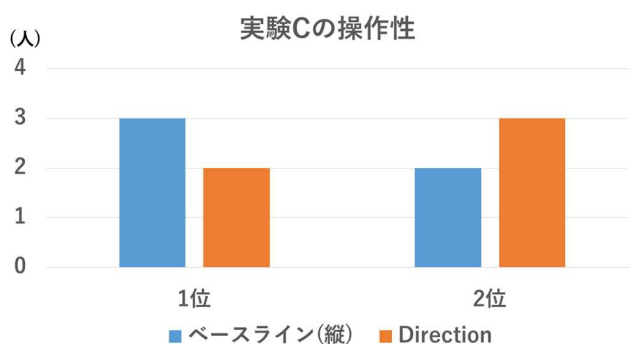


図 12 実験 C における操作性アンケート (M = 5)

#### 4.6 考察

実験 A において、ベースライン(縦)の評価が高かった理由としては、操作する左手に UI 自体が近かったことに加え、実験タスク 1 および実験タスク 2 の操作を行う際にも、右側全体の画面が開けているため、広い視野でオブジェクト自身やその変化を認識しやすかったことが要因として挙げられる。オールサイドの正答率が低かった要因としては、ピンチジェスチャと UI 配置のフィードバックの連動性が無く、実験中にジェスチャとメニュー表示の関係性を忘れやすいことが考えられる。また、ベースライン(横)はベースライン(縦)よりも全体的にパフォーマンスが低い結果となったが、これは選択パネルの形状が影響を与えている可能性もある。比較実験では、選択パネルは縦に短く、横に長い長方形となっているが、これが縦に長い形状だった場合は操作とメニュー表示の連動性に変化が生じ、この結果が逆転していた可能性も考えられる。

実験 B において、ベースライン(小)の評価が高かった理由としては、ベースライン(大)の場合はメニュー表示自体が大きいことにより、メニュー以外の情報が認識するのが困難であり、その状況下で 2 つのタスクを実施しなければならないことで注意が分散し、結果としてメニュータスク・実験タスクともにパフォーマンスに悪影響を与えたことが要因として考えられる。この実験 B での反応時間に関する結果については、タスク反応時間においてウィルコクソンの順位和検定にて有意水準 5% で有意差を確認できており、結果への信頼性も高い。

実験 C において、Direction メニューの反応時間が短かった要因としては、ピンチジェスチャよりも直観的な操作であることに加え、隣接項目への移動が迅速に実施できることが考えられる。この実験 C での反応時間に関する結果については、メニュー反応時間・タスク反応時間ともにウィルコクソンの順位和検定にて有意水準 1% で有意差を確認できており、結果への信頼性も非常に高い。しかし、アンケート結果では Direction メニューの評価がベースライン(縦)よりも若干低かったことから、ユーザは操作性については反応時間よりも誤操作率を優先する傾向があると思われる。

#### 5. おわりに

本稿では、メニュー表示がマルチタスクに影響を及ぼす影響を検証するために、マルチタスク状況下で 5 種類のメニューを UI の配置・UI の大きさ・操作手法に分類した比較実験を実施した。この実験によって、UI 配置ではベースライン(縦)のマルチタスク操作性の高さが示され、UI は小さいものの方がマルチタスクに適していることがわかった。また、指の方向を利用する Direction メニューは誤操作率が高いものの、ピンチジェスチャを利用するメニューよりもマルチタスク操作において、高いパフォーマンスを発

揮することがわかった。よって本研究では、UI の配置・UI の大きさ・操作手法の 3 種類全ての要素がマルチタスクに影響を及ぼすことが確認できた。

しかし、メニューが内包する UI の形状に関する比較に関して、本研究では横長の長方形のみを利用しており、他にも様々な形状で検証の余地があるため、今後は同様の配置でも UI の形状が異なるメニューで比較を実施する予定である。

また、ピンチジェスチャや指の方向を利用した操作だけに限らず、XR コンテンツで利用されるあらゆる操作方法が、マルチタスク操作に適しているか検証を行う実験も実施する予定である。なお、指の方向を利用した Direction メニューについては、ユーザ毎に操作領域を自動的に設定し、誤操作を削減する手法についても検討を行っていききたい。

#### 参考文献

- [1] Worldwide Spending on Augmented and Virtual Reality Forecast to Deliver Strong Growth Through 2024, According to a New IDC Spending Guide  
<https://www.idc.com/getdoc.jsp?containerId=prUS47012020>, (参照 2022-2-9).
- [2] Jean Vanderdonckt, Sara Bouzit, Gaëlle Calvary, Denis Chêne: Exploring a Design Space of Graphical Adaptive Menus: Normal vs. Small Screens. ACM Transactions on Interactive Intelligent Systems, Vol. 10, No. 1, Article No.2, pp.1-40, 2019.
- [3] Jacques Bertin: Sémiologie graphique. Mouton/Gauthier-Villars, 1967.
- [4] Sara Bouzit, Gaëlle Calvary, Denis Chêne, and Jean Vanderdonckt. A design space for engineering graphical adaptive menus. In Proceedings of the 8th ACM SIGCHI Symposium on Engineering Interactive Computing Systems (EICS'16), pp.239-244, 2016.
- [5] 浅井拓己, 大槻麻衣, 柴田史久, 木村朝子: OpenPalmMenu: 手掌に付随・追随する電子メニューの提示と操作, コンピュータソフトウェア, Vol. 35, No. 3, pp. 32-44, 2018.
- [6] Takumi Asai, Shuhei Ogawa, Mai Otsuki, Fumihisa Shibata, Asako Kimura: Selection and Manipulation Methods for a Menu Widget on the Human Forearm, Proc. of the 2017 CHI Conference Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems, pp. 357-360, 2017.
- [7] 芳賀康太, 小倉加奈代: 指の方向に着目した片手操作用仮想メニューの提案, 情報処理学会研究報告, Vol. 2020-HCI-186, No. 26, pp. 1-3, 2020.
- [8] Hart, S. G. and Staveland, L. E.: Development of NASA-TLX (Task Load Index) Results of empirical and theoretical research. In P. A. Hancock and N. Meshkati (eds.), Human Mental Workload, North-Holland, pp.139-183, 1988.